

## **Об авторах**

Петров Виталий Владимирович,  
Стаж преподавания T-FLEX CAD – 4 года  
Тел. +7 (8312) 36-78-40  
e-mail: petrovnn@nntu.sci-nnov.ru

Лопаткин Александр Викторович, к.т.н.,  
доцент кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»  
Нижегородского государственного технического университета  
Тел. +7 (8312) 367840  
Факс +7 (8312) 73-81-78  
e-mail: lopatkin@nntu.sci-nnov.ru

Адрес для переписки:  
ГСП-41, ул.Минина, д.24, НГТУ,  
каф.КТПП (5-ый корпус, ауд.5-322)  
603600 Нижний Новгород  
Россия

### **Среди работ авторов:**

1. Петров В.В., Лопаткин А.В. T-FLEX PARAMETRIC CAD. Система двух- и трехмерного проектирования и черчения. Краткое описание. НГТУ, каф. КТПП. Н. Новгород, 1999  
Часть 1. Двухмерное проектирование.. 51 с.  
Часть 2. Трехмерное моделирование. . 34 с.
2. Петров В.В., Лопаткин А.В. Промышленные САПР. Курсовое проектирование. Метод. указ. для студ. спец. 200800 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" НГТУ, каф. КТПП. Н.Новгород, 2000.
3. Петров В.В., Промышленные САПР. Метод. указ. к лаб. раб. по дисциплине "Промышленные САПР" для студ. спец. 200800 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" НГТУ, каф. КТПП. Н.Новгород, 2000.  
Лаб. раб. 1. Создание параметрических проекционных чертежей – 10 с.  
Лаб. раб. 2. Создание сборочных чертежей – 8 с.  
Лаб. раб. 3. Создание параметрических трехмерных моделей деталей – 12 с.  
Лаб. раб. 4. Создание параметрических трехмерных моделей сборочных узлов – 12 с.

Нижегородский государственный технический университет

Кафедра: «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»

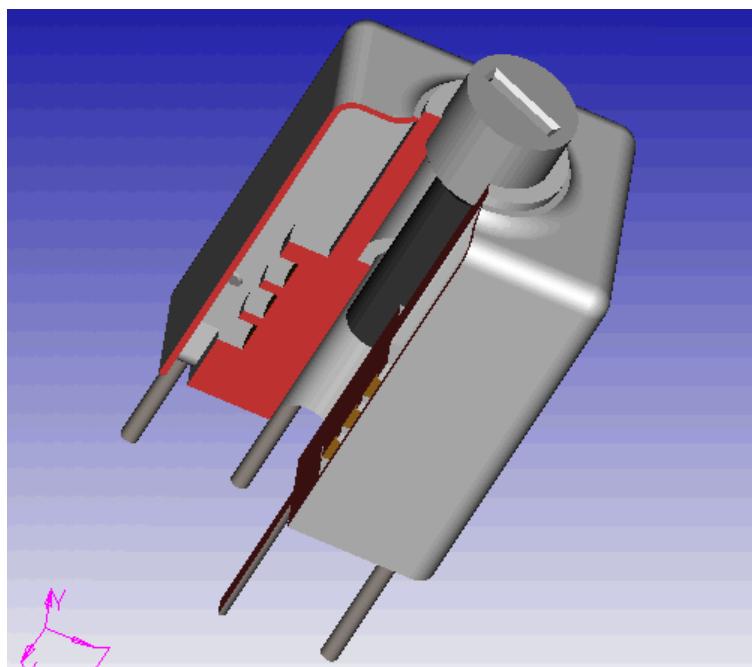
# СИСТЕМА T-FLEX CAD

## СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

по дисциплине: «Компьютерная графика»

для студентов специальности 200800 «Проектирование и технология  
радиоэлектронных средств»



Нижний Новгород, 2003 г.

УДК 681.3

Система T-flex CAD. Создание параметрической трехмерной модели. Лабораторная работа №4 по дисциплине: «Компьютерная графика» для студентов специальности 200800 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств». — Н.Новгород, Нижегородский государственный технический университет, 2003. — 13с.

Составитель Петров В.В.

Редактор Лопаткин А.В.

Компьютерный набор и верстка – Петров В.В.

Подп. в печать 15.02.2003. Формат 60x84 1/8  
Печ. л. 0,70. Тираж 30 экз. Заказ 016. Учебное издание. Корректура автора.

© Нижегородский государственный  
технический университет

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

 Получение практических навыков по созданию параметрических трехмерных моделей деталей. Ознакомление с созданием проекционных чертежей на основе трехмерных моделей. Знакомство с чертежными видами.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЯХ

Система T-flex позволяет создавать трехмерные модели как на основе уже существующих двухмерных чертежей, так и непосредственно в трехмерном пространстве. Для отображения трехмерной модели используется **окно 3D вида**. Окно 3D вида вместе со всеми трехмерными объектами образует **3D сцену**.

Основными видами представления трехмерных объектов являются: реберная модель и рендеринг. Реберная модель дает слабое представление о форме тела, однако полезна в тех случаях, когда при выполнении операций требуется указание элементов внутри тела. Рендеринг дает реалистическое отображение с учетом характеристик материала и углов отражения. При рендеринге не учитывается взаимное влияние тел друг на друга – тени, переотражения, а также свойства среды – рассеяние света, туман и т.п. Для получения фотoreалистического изображения, учитывающего указанные эффекты, используется программа '*POV-Ray for Windows*', поставляемая вместе с системой T-flex.

Для создания трехмерной модели необходимо наличие одной или нескольких **рабочих плоскостей**, предназначенных для задания в пространстве положения вспомогательных элементов и самой трехмерной модели.

Первоначально трехмерные тела получают перемещением в пространстве плоского или пространственного контура (**3D профиля**) по заданной траектории (операции: выталкивание, вращение, тело по траектории, спираль). 3D профиль создается на основе его проекций на двухмерном чертеже, или чертится непосредственно на рабочей плоскости после ее активизации. При наличии ранее созданных тел 3D профиль можно построить, используя элементы этих тел.

Далее созданные тела могут быть модифицированы (операции: сглаживание, отсечение, уклон, оболочка). Над несколькими телами возможно выполнение булевых операций (сложение, вычитание, пересечение). Кроме того, имеется ряд операций для получения одиночных копий и их массивов.

Система позволяет на основе созданной трехмерной модели автоматически сгенерировать проекционный чертеж с заданными видами. После указания на этом чертеже линий разреза можно получить требуемые сечения и разрезы.

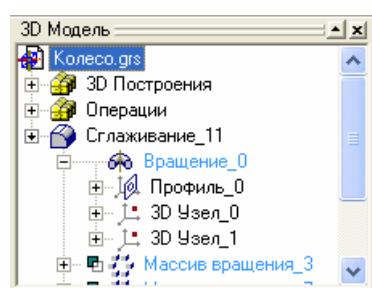
Следует заметить, что получаемая трехмерная модель является параметрической, поскольку, как двухмерные построения на рабочих плоскостях, так и сами операции создания и модификации тел могут управляться заданием константных значений или переменных. Таким образом, изменение параметров позволяет управлять моделью. Проекционные чертежи, созданные на основе трехмерной модели сохраняют связь с последней, и также будут изменены.

При работе с трехмерной моделью используются: окно 3D модели и окно диагностики.

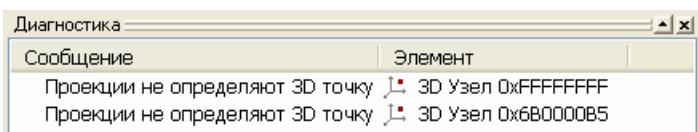
Структура 3D модели, отображаемая в виде дерева в окне **3D модель**, позволяет получить информацию о составе модели и взаимодействии ее элементов.

Через дерево модели можно получить доступ к свойствам тех, или иных элементов и операций. Это особенно полезно, если соответствующий элемент недоступен для выбора в окне 3D вида. Например, после выполнения булевой операции вычитания второе тело пропадает с экрана.

В дереве 3D модели можно выбирать элементы, участвующие в выполнении операций. Это полезно при высокой



плотности элементов в 3D окне, когда визуальный выбор затруднен.



В окне диагностики выводятся сообщения при некорректных действиях пользователя или при невозможности выполнения действий в силу ограничений системы.

 В силу того, что при выполнении команд создания трехмерных моделей последовательность действий и набор используемых опций выбирает пользователя, выполнение всех этих команд заканчиваются нажатием кнопки **OK** Автоменю.

Кроме того, следует учитывать, что при вызове новой команды 3D, предыдущая не закрывается. Поэтому перед вызовом очередной команды следует полностью закрыть ранее выполняемую.

 В данной работе мы будем создавать тела сразу в трехмерном пространстве. В тоже время, для построений можно воспользоваться и уже имеющимися двухмерными чертежами. Этот путь более трудоемкий, однако, для некоторых задач он более удобен.

## ЗАДАНИЕ

В ходе работы студентом создаются параметрические трехмерные модели деталей, предложенных преподавателем.

Во второй части работы на основе созданных моделей получают проекционные чертежи с необходимыми видами и разрезами.

При выполнении работы следует придерживаться изложенной ниже методики решения типовой задачи.

## РЕШЕНИЕ ТИПОВОЙ ЗАДАЧИ

В этой работе создадим трехмерную параметрическую модель детали из работы №1. Внешний вид детали представлен на рисунке 1, а окончательный вид чертежа показан на рисунке 2.

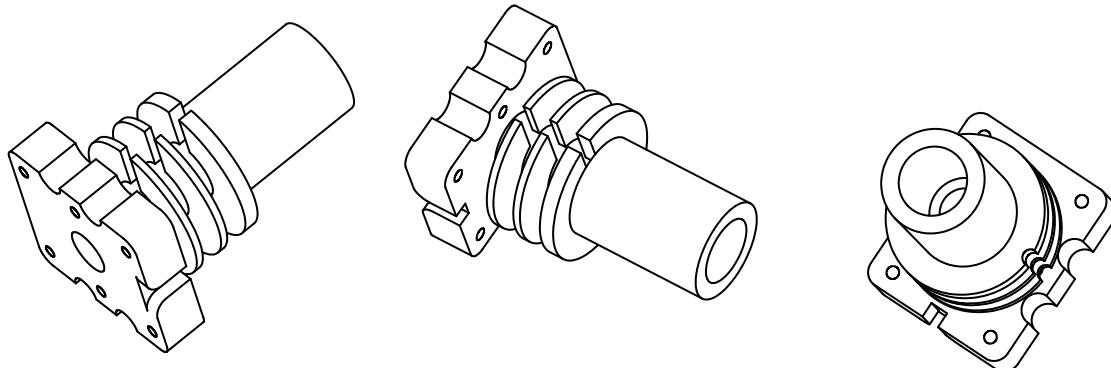


Рисунок 1 - Каркас катушки индуктивности.

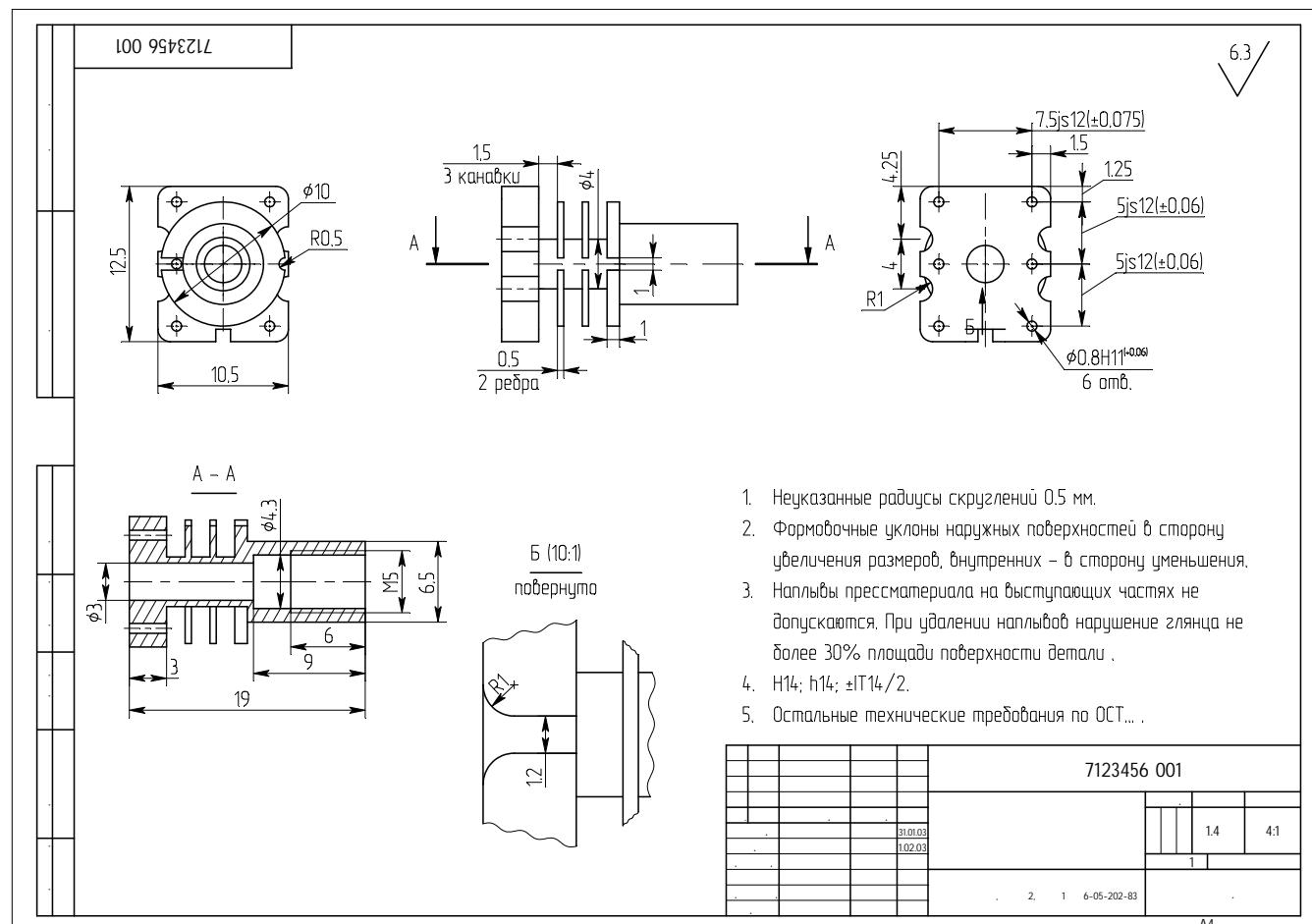


Рисунок 2 - Чертеж каркаса катушки индуктивности.

## СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

Создайте новый файл командой меню **Файл/Новая 3D модель**. При этом будет открыт прототип файла, содержащий уже построенные три рабочие плоскости.

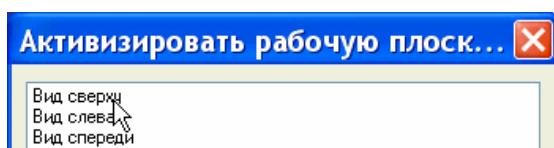
Поскольку чертить мы будем в масштабе 1:1, а детали имеют малые размеры, отображение близко расположенных основных линий реальной ширины будут сливаться. Для устранения этого недостатка в меню **Настройка/Статус** на закладке **Прорисовка** в поле **Отображать толщину линий** выберем вариант – **Не более трех пикселей**.

Для того, чтобы не создавать заново список переменных, перенесем его из ранее созданного параметрического чертежа каркаса. Для этого откройте файл этого чертежа, откройте **Редактор переменных** и в нем запустите команду меню **Переменная/Список переменных/Сохранить в буфер**.

В файле нового документа в **Редакторе переменных** выполните команду **Переменная/Список переменных/Считать из буфера**. Вид редактора после выполнения этой команды приведен ниже.

	Имя	Выражение	Значение	Комментарий
1	A	10.5	10.5	Ширина основания
2	B	12.5	12.5	Высота основания
3	d	3	3	Диаметр отверстия в каркасе
4	R0	.5	0.5	Неуказанные скругления
5	b	4	4	Расстояние между выемками в основании
6	R	1	1	Радиус выемки
7	s0	1.5	1.5	Смещение отв. под выводы от края основания
8	lo	7.5	7.5	Расстояние между рядами отв. под выводы
9	dv	.8	0.8	Диаметр вывода
10	Spo	1.2	1.2	Ширина паза в основании
11	Hpo	1	1	Глубина паза основания
12	D	10	10	Диаметр щечек каркаса
13	Dr	5	5	Диаметр резьбы
14	Dor	4.3	4.3	Диаметр отв. под резьбу
15	D1	6.5	6.5	Диаметр направляющей сердечника
16	Spk	1	1	Ширина паза в щечках каркаса
17	r1	.5	0.5	Радиус выемки в щечках
18	to	3	3	Толщина основания
19	t1	1.5	1.5	Ширина канавки
20	t	0.5	0.5	Толщина внутренней щечки
21	t2	1	1	Толщина внешней щечки
22	L	19	19	Длина каркаса
23	Dvn	4	4	Внутренний диаметр канавки каркаса
24	hor	9	9	Глубина отверстия под резьбу
25	hr	6	6	Глубина резьбы

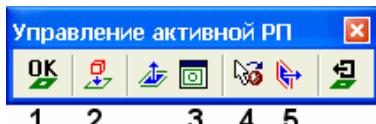
После закрытия редактора переменных в 3D окне из контекстного меню выберите пункт **Активизировать рабочую плоскость** и в диалоговом окне пометьте **Вид сверху**.



*Для появления диалогового окна необходимо, чтобы при щелчке мышью ни один элемент не был выбран.*

После этого система переходит в режим черчения на выбранной рабочей плоскости. Здесь можно создавать изображение, используя ранее изученные инструменты параметрического или эскизного черчения.

Если на активной рабочей плоскости будет создан замкнутый контур из линий изображения (или несколько непересекающихся), то при возврате в трехмерное пространство автоматически будет построен 3D профиль, лежащий на этой рабочей плоскости (если контуров было несколько, это будет **один** 3D профиль из нескольких областей).



Одновременно с активизацией рабочей плоскости появляется панель **Управление активной рабочей плоскостью**.

Основные элементы панели описаны ниже:

- 1 – окончание черчения на активной рабочей плоскости и возврат к трехмерному представлению;
- 2 – вызов команды построения проекций трехмерных объектов на рабочую плоскость. Проекции можно использовать для привязки построений к существующим элементам;
- 3 – открытие двухмерного окна, соответствующего активной рабочей плоскости;
- 4 – включение режима вращения 3D сцены, что может потребоваться, например, при выборе элементов для проецирования;
- 5 – поворот активной рабочей плоскости параллельно экрану.

На выбранной рабочей плоскости выполните построения, необходимые для нанесения контура половины сечения цилиндрической части каркаса.

Красным цветом выделены базовые линии (горизонтальная соответствует оси вращения каркаса). Для ориентировки приведены переменные, определяющие габариты цилиндрической части каркаса.

В точках, помеченных стрелками, создайте 3D узлы (команда меню **Построения/3D Узел**). Для каждого из узлов указать положение на плоскости и закончить построение нажатием кнопки **OK** в **Автоменю**.

Закончите черчение на рабочей плоскости нажатием кнопки **OK** в панели **Управление активной рабочей плоскостью**. В 3D окне должен появиться 3D профиль (зеленый контур) и 3D узлы (красные точки).

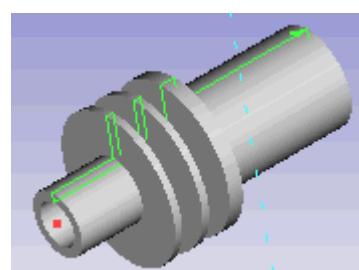
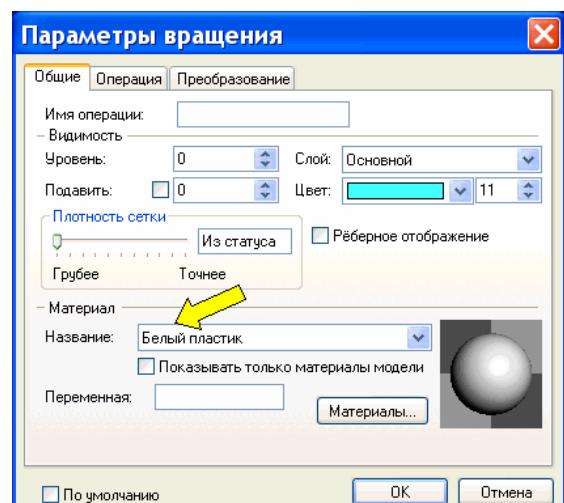
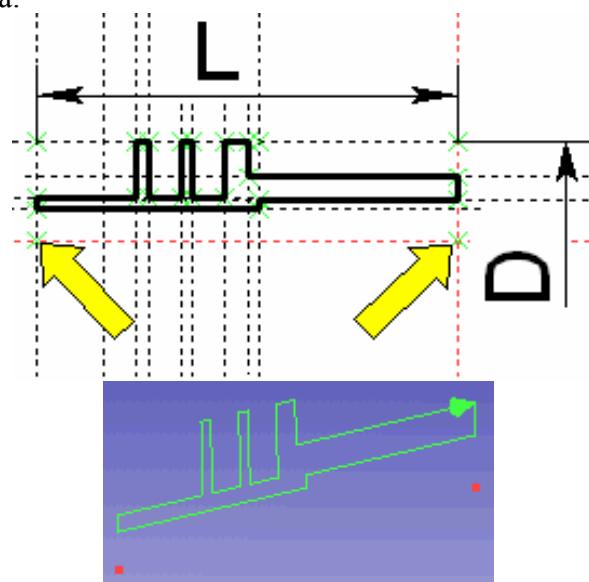
Теперь, с помощью команды **Операции/Вращение**, можно создать цилиндрическую часть каркаса. Используя опцию **Автоменю**, выберите на экране построенный ранее 3D профиль.

Затем в опции **Материал** надо указать два 3D узла, задающие ось вращения. В параметрах операции задайте материал детали.

**И** *На самом деле система сама задает последовательность действий. Поэтому, в типичных режимах построения, выбирать опции в Автоменю не требуется.*

После завершения построения нажатием кнопки **OK** будет создано тело вращения. По умолчанию включен режим отображения реберной модели.

Для отображения в режиме **Рендеринг** нажмите кнопку **Панели Вид**.



Дальнейшая работа по созданию модели каркаса будет проводиться на основе уже созданного тела. Сначала выполним пазы в щечках каркаса.

Для облегчения выбора элементов в системной панели имеются кнопки селектора. Познакомьтесь с их назначением по всплывающим подсказкам.

Кнопкой селектора активизируйте выбор граней тела.

Выбрав указанную на рисунке грань, вызовите контекстное меню. Выберите в нем пункт **Начертить 3D профиль**.

При этом будет создана рабочая плоскость, касательная к выбранной грани и на нее будут спроектированы границы грани.

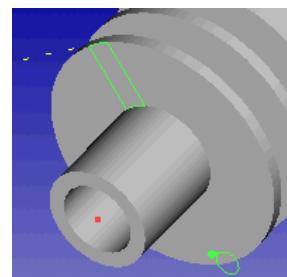
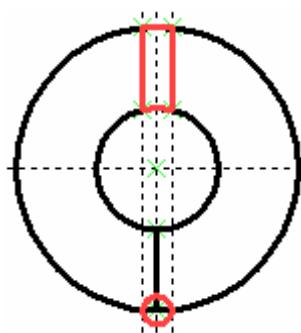
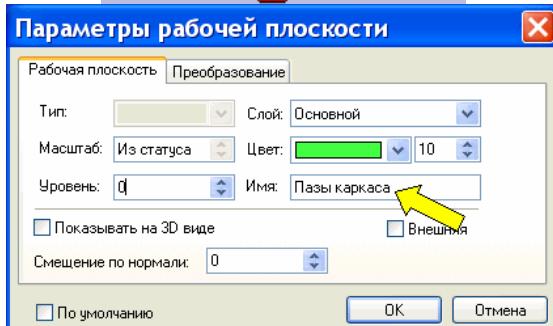
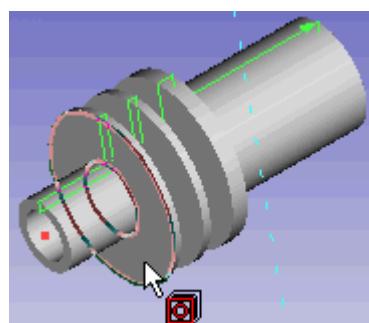
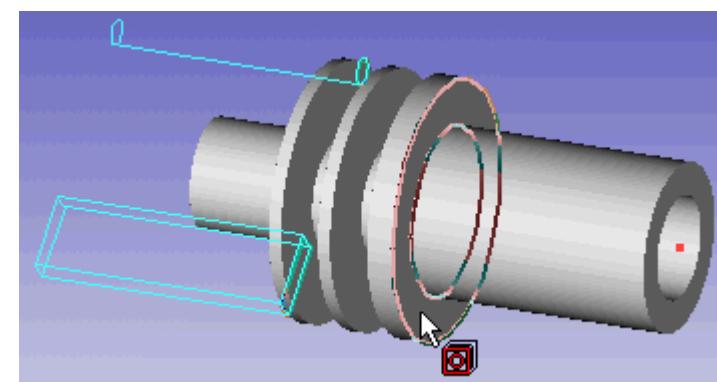
Вызвав окно параметров рабочей плоскости, переименуйте ее в «Пазы каркаса», чтобы при необходимости эту плоскость легко было найти среди других рабочих плоскостей.

Привязываясь к элементам проекции, выполните построения, показанные на рисунке. Нанесите линии изображения, выделенные красным цветом.

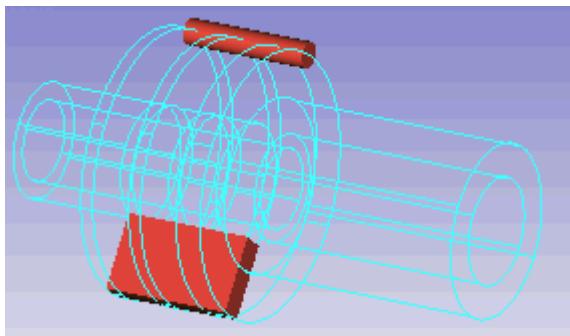
Для нанесения дуг постройте две окружности с центром в центре проекции и радиусами, определяемые привязкой к узлам на вертикальной линии проекции (это линия сопряжения операции вращения).

Закончите черчение на рабочей плоскости. На 3D модели появится новый 3D профиль, состоящий из двух областей.

На основе этого профиля будет создано тело выталкивания, после вычитания которого из каркаса в щечках образуются пазы.



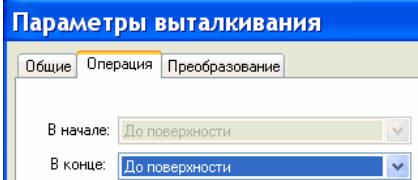
После вызова команды **Операции/Выталкивание**, надо выбрать созданный 3D профиль. В данном случае длину выталкивания будем задавать по условию касания с указанной на рисунке гранью тела. Для этого воспользуемся опцией **Задать ограничения выталкивания**, в которой – **Выбрать конечную грань выталкивания**.



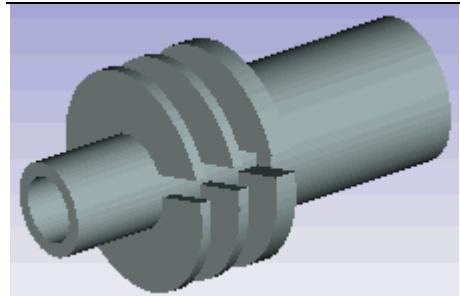
Завершим создание пазов выполнением команды **Операции/Булева**. Установите опцию **Вычитание** , затем последовательно выберите каркас тела выталкивания. Завершите операцию нажатием кнопки .

 *Результат зависит от последовательности выбора тел.*

В параметрах выталкивания на закладке Операция в поле В конце установите вариант До поверхности.



Результатом выполнения операции будет показанное на рисунке тело.



 *Булеву операцию можно было совместить с операцией выталкивания, в которой есть опция вычитания создаваемого тела из существующего.*

Выбрав указанную на рисунке грань, вызовите контекстное меню и в нем пункт – **Начертить 3D профиль**.

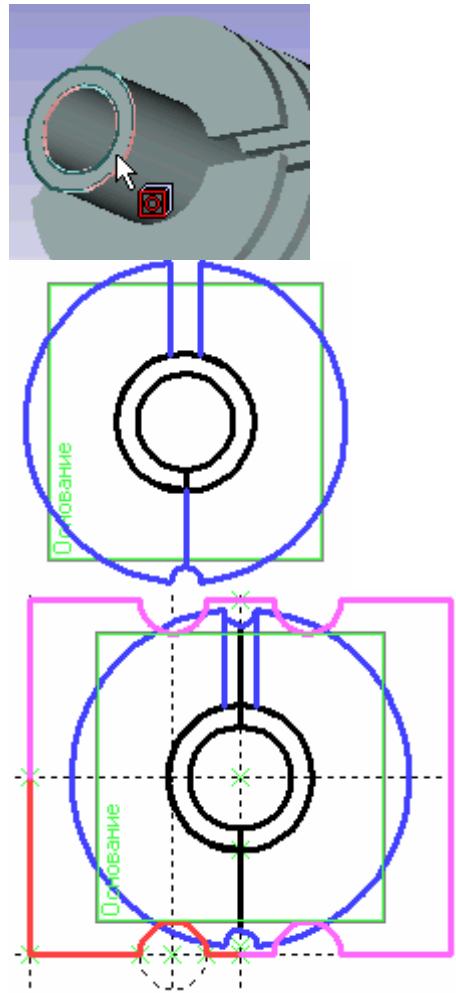
Переименуйте созданную при этом рабочую плоскость в «Основание».

Для удобства дальнейшей работы создайте проекцию щечек каркаса, воспользовавшись кнопкой  панели **Управление активной рабочей плоскостью**. Укажите элементы, проекцию которых надо создать и подтвердите выполнение операции.

Созданные проекции показаны на рисунке синим цветом.

Выполнив необходимые построения, создайте изображение, показанное красным цветом.

С помощью команды **Чертеж/Симметрия** получите контур основания (показан сиреневым цветом).



Так как полученное изображение содержит пересекающиеся линии изображения, система автоматически не сможет построить 3D профиль. Чтобы помочь ей в этом, нанесем штриховку, определяющую границы будущего 3D профиля (на рисунке показана желтым цветом).

После этого воспользуемся командой **Построение/3D профиль**, в которой выберем опцию **Профиль на основе штриховки**.

Выбрав штриховку, подтверждаем выполнение команды.

После завершения черчения на рабочей плоскости, мы увидим созданный профиль.

На его основе операцией выталкивания создадим основание каркаса.

Длину вектора выталкивания зададим с помощью переменной **to** в закладке **Операция** параметров выталкивания. Выбором знака перед именем переменной обеспечьте выталкивание в сторону щечек.

Чтобы получить единое тело, укажем в Автоменю опцию **Сложение** и, в качестве второго тела, выберем каркас.

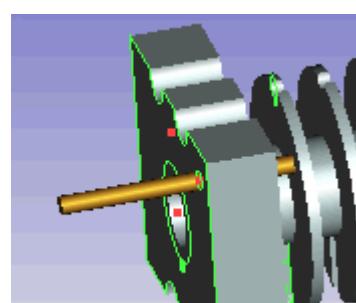
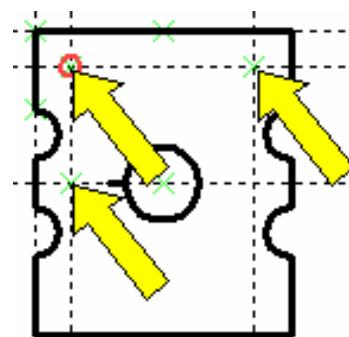
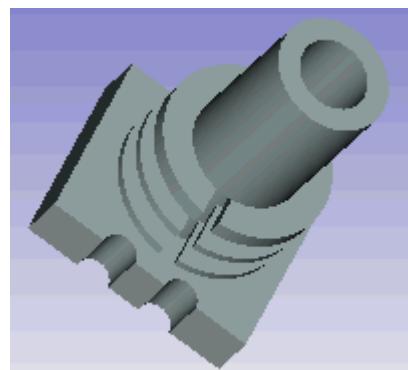
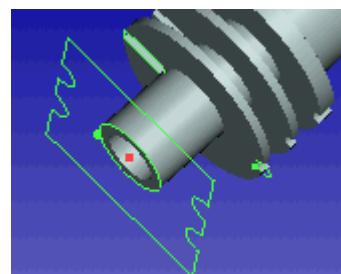
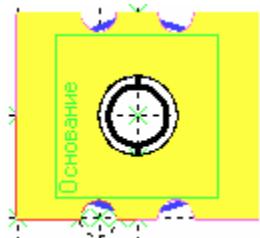
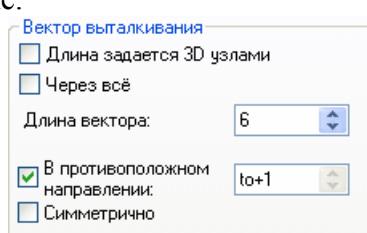
В результате выполнения операции будет создано основание и объединено с каркасом.

Используем внешнюю грань основания для черчения 3D профиля. Выполним необходимые построения и нанесем изображение отверстия под вывод.

Кроме того, здесь же построим 3D узлы в точках, показанных стрелками. Они потребуются при создании массива копий.

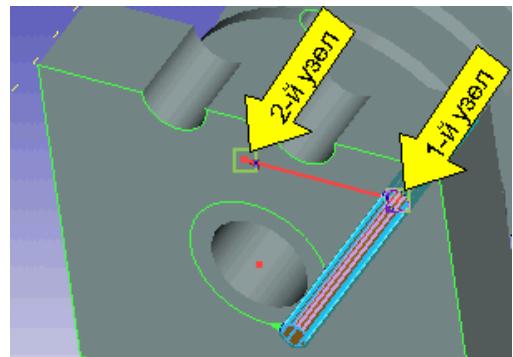
После этого возвратимся к трехмерному представлению.

Операция выталкивания позволяет создать на основе полученного профиля вывод катушки индуктивности. Выталкивание будет производиться в двух направлениях с параметрами, приведенными ниже.



**В коммерческой версии созданный вывод можно сохранить в отдельном файле, чтобы в дальнейшем использовать как деталь при сборке катушки индуктивности.**

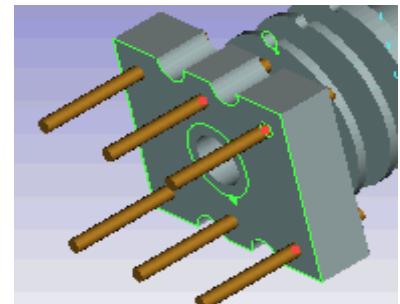
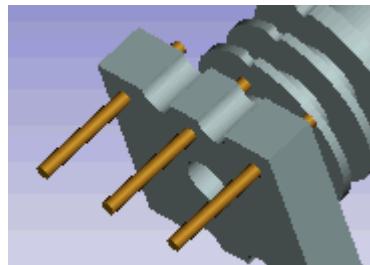
Вызвав команду **Операции/Массив** и нажав кнопку **Автоменю**, выберите вывод. Затем укажите базовый узел и узел, определяющий шаг размещения копий. В параметрах операции введите число копий – две.



В результате выполнения операции получим один ряд выводов катушки.

На основе этого ряда повторным применением операции **Массив**, получим второй ряд выводов.

**Все элементы массива рассматриваются системой как единое тело.**

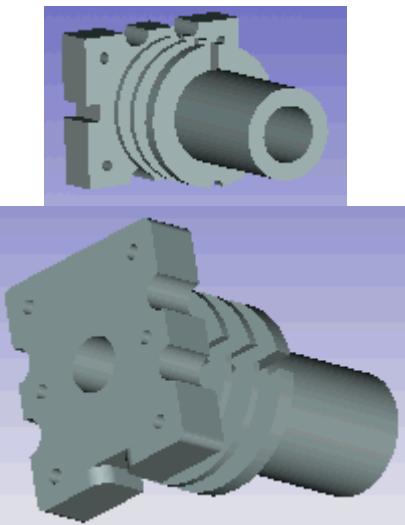


Для создания отверстий под выводы вычтем полученный массив из каркаса.

**Самостоятельно выполните паз в основании (начертить 3D профиль, вытолкнуть и вычесть из каркаса).**

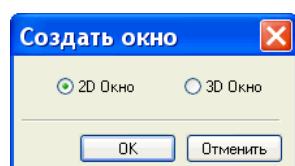
Используя операцию **Сглаживание** создайте скругления на основании каркаса. Для этого, нажав кнопку **Автоменю**, укажите последовательно все ребра, имеющие одинаковый радиус скругления, задайте этот радиус в параметрах операции и подтвердите ее выполнение.

То же самое выполните для ребер с другим радиусом скругления.



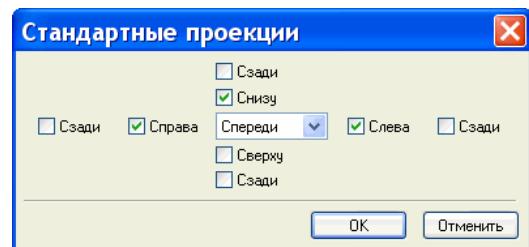
## ПОЛУЧЕНИЕ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА

Используя пункт меню **Окно/Разделить по вертикали** создайте окно для чертежа каркаса (в появившемся диалоге установите переключатель в положение **2D Окно**).



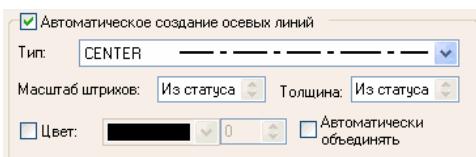
Настройте размер листа и масштаб чертежа.

Вызвав команду меню **Построения/2D Проекция** выберите в **Автоменю** опцию **Создать набор стандартных видов**. В диалоговом окне укажите требуемые проекции.



**Вид снизу потребуется для создания выносного вида по стрелке Б..**

В окне параметров на закладке **Линии** поставьте флажок **Автоматическое создание осевых линий**.



Разместите в нужном месте 2D окна рамки создаваемых проекций и завершите операцию нажатием кнопки **OK** в **Автоменю**.

Выбрав в контекстном меню, вызываемом при щелчке правой кнопки мыши по любой из проекций, пункт **Редактировать проекцию**, расположите виды в нужном месте экрана. Для этого нужно щелкнуть по маркеру в центре проекции, переместить проекцию и зафиксировать новое положение щелчком мыши. Проекции будут перемещаться с сохранением проекционных связей. После перемещения всех проекций нажмите кнопку **OK** в **Автоменю**.

Используя команду **Чертеж/Обозначение вида**, нанесите обозначение разреза на вид спереди. Предварительно нанесите элементы построения, необходимые для привязки обозначения.

Для создания разреза выберите в меню пункт **Построения/2D Проекция** и в **Автоменю** опцию **Создать разрез...**. Далее в **Автоменю** нажмите кнопку и укажите только что созданное обозначение разреза.

Разместите проекцию на поле чертежа. Чтобы ее можно было переместить в произвольное место, нажмите кнопку **Автоменю** **Разорвать проекционную связь**.

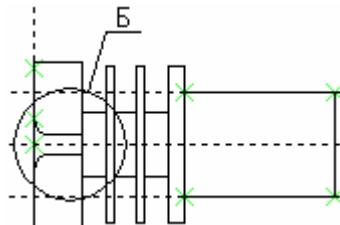
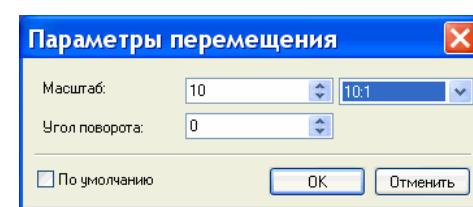
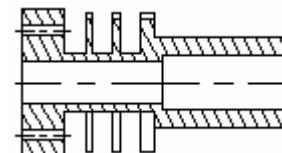
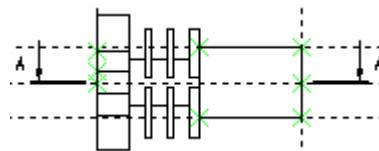
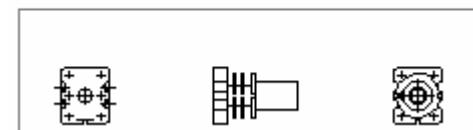
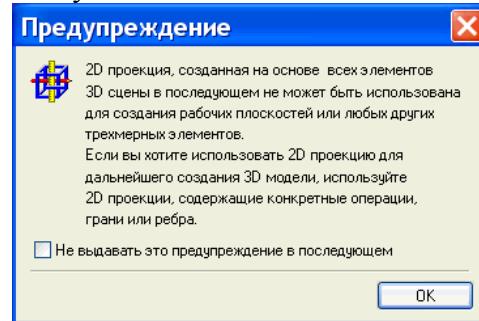
На разрезе выполните построения, необходимые для обозначения резьбы.

Следующим шагом будет создание выносного вида по стрелке Б. Начинается построение с вызова команды **Чертеж/Чертежный вид**

В **Автоменю** выбирается опция **Создать выносной вид...**. В появившемся диалоговом окне необходимо задать требуемый масштаб вида, а затем выбрать те элементы вида снизу, которые будут видны на создаваемом виде по стрелке.

После окончания выбора последовательно указывают: узел привязки; положение центра окружности, обозначающей вид; ее размер и положение выносной линии. Появится контурное изображение выносного вида, которое надо разместить на чертеже.

Прочитайте текст появившегося на экране предупреждения и нажмите кнопку **OK** данного окна.



**Чертежный вид является отображением изображения, расположенного на отдельном скрытом листе документа, имеющем тип Вспомогательный.**

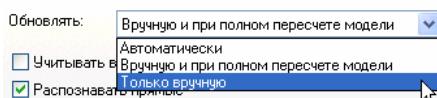
Чтобы получить доступ к редактированию информации чертежного вида, щелкните по нему правой кнопкой мыши и в возникшем контекстном меню выберите пункт **Активизировать чертежный вид**.

Дополните выносной вид линиями разрыва и нанесите необходимые размеры.

Поскольку привязать новые линии изображения к обрыву линий выносного вида нельзя, предварительно постройте прямые вдоль этих линий.

Для возврата в чертеж служит команда контекстного меню **Закрыть чертежный вид**.

**i** Полученные проекции связаны с 3D моделью и будут изменяться при ее модификации. Будет ли обновление происходить автоматически, или потребует Вашего вмешательства, определяется выбором значения в поле **Обновлять** на закладке **Общие** окна параметров проекции.



Принудительное обновление проекции осуществляется по соответствующему пункту контекстного меню.

## ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА

**?** Самостоятельно нанесите размеры и элементы оформления чертежа. В случае затруднений воспользуйтесь методическими указаниями к лабораторной работе №1.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое рабочие плоскости? Какие типы рабочих плоскостей Вы знаете?
2. Создание 3D профиля с использованием штриховки.
3. Операции вращения и выталкивания. Создание тел с использованием этих операций, свойства операций.
4. Какие виды операций по созданию 3D тел Вы знаете?
5. Булевы операции над телами.
6. Элементы 3D сцены. Управление отображением трехмерных объектов.
7. Дополнительные рабочие плоскости. Их построение и использование.
8. Специальные рабочие плоскости: цилиндрическая, сферическая, торoidalная.
9. Выполнение 3D операций с использованием созданных ранее тел.
10. Возможные ошибки пересчета 3D модели и способы их устранения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. T-flex CAD. Двухмерное проектирование и черчение. Руководство пользователя. (электронный документ) — М.: АО «Топ Системы», 2002. — 598с.
2. Справочная система пакета T-flex CAD 3D 7.2.